

PCT/JP00/05518

日本国特許庁

PATENT OFFICE

JPO0/5518 JAPANESE GOVERNMENT

EVN

17.08.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 8月17日

10/049492

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第23090

REC'D 05 OCT 2000

WIPO

PCT

出願人  
Applicant(s):

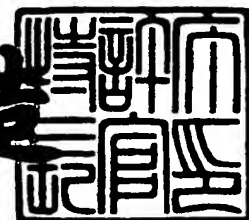
日本ファーンレス工業株式会社

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 9月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3075939

【書類名】 特許願

【整理番号】 DOM9911201

【提出日】 平成11年 8月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F27B 9/00

【発明の名称】 無酸化還元燃焼方法並びに炉

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区尻手 2 丁目 1 番 5 3 号 日本ファ  
ーネス工業株式会社内

【氏名】 須藤 淳

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区尻手 2 丁目 1 番 5 3 号 日本ファ  
ーネス工業株式会社内

【氏名】 長谷川 敏明

【特許出願人】

【識別番号】 000229748

【氏名又は名称】 日本ファーマーネス工業株式会社

【代表者】 戸村 尚義

【代理人】

【識別番号】 100087468

【弁理士】

【氏名又は名称】 村瀬 一美

【電話番号】 03-3503-5206

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002107

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712250

---

---

【プルーフの要否】 要

---

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無酸化還元燃焼方法並びに炉

【特許請求の範囲】

【請求項1】 理論空気比未満の燃焼で炉内に無酸化雰囲気あるいは還元雰囲気形成する工業炉において、蓄熱体を備えこの蓄熱体に対する排ガス及び燃焼用空気の流れを相対的に切り替えることによって該蓄熱体を通して燃焼用空気の供給と排ガスの排出とを交互に行い排ガスの温度に近い高温の燃焼用空気を供給して燃焼させるバーナ装置を備え、理論空気比未満の燃焼用空気を定格運転時に通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で炉内へ向けて噴射させると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、空気噴流の出口からある距離を隔てた位置で前記燃焼用空気と燃料を高速で衝突させて急速に混合させることを特徴とする無酸化還元燃焼方法。

【請求項2】 前記燃焼用空気は、扁平な矩形状の開口形状であるスロートから噴射されることを特徴とする請求項1記載の無酸化還元燃焼方法。

【請求項3】 理論空気比未満の燃焼で炉内に無酸化雰囲気あるいは還元雰囲気形成する工業炉において、蓄熱体を備えこの蓄熱体に対する排ガス及び燃焼用空気の流れを相対的に切り替えることによって該蓄熱体を通して燃焼用空気の供給と排ガスの排出とを交互に行い排ガスの温度に近い高温の燃焼用空気を供給して燃焼させるバーナ装置を備え、理論空気比未満の燃焼用空気を定格運転時に通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で炉内へ向けて噴射させるエアスロートと、前記エアスロートの出口からある距離を隔てた位置で前記空気噴流と衝突させるべく燃料を噴射する燃料ノズルとを有していることを特徴とする無酸化還元燃焼炉。

【請求項4】 前記エアスロートの相当直径  $d_e$  と前記エアスロートの中心から前記燃料ノズルの中心までの間隔  $1/2 D_{pcd}$  との比  $d_e / D_{pcd}$  が  $0.10 \sim 0.50$  の範囲であり、かつ燃料噴流軸と前記エアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点と前記エアスロートの出口面までの距離  $L_a$  に対するエアスロートの相当直径  $d_e$  の比  $L_a / d_e$  が  $1.0 \sim 5.0$  の範囲で燃料を噴射することを特徴とする請求項3記載の無酸化還元燃焼炉。

【請求項5】 バーナ本体の給排用スロートに前記蓄熱メディアを内蔵すると共に、該バーナ本体に燃焼用空気と排ガスとを切り替える流路切替手段を直結し、前記バーナ本体の直近で燃焼用空気と排ガスとの切替えを行うことを特徴とする請求項3記載の無酸化還元燃焼炉。

【請求項6】 セラミックハニカムを蓄熱メディアとして内蔵したことを特徴とする請求項3記載の無酸化還元燃焼炉。

【請求項7】 前記エアスロートと燃料ノズルとの組を環状に複数台、相互に接近させて設置し大型燃焼機を構成することを特徴とする請求項3記載の無酸化還元燃焼炉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は工業炉及びその燃焼方法の改良に関する。更に詳述すると、本発明は、直火還元方式連続溶融亜鉛メッキ炉（NOF）などの製鉄関連設備、銅ビレット還元炉などの非鉄金属設備、セラミック焼成炉などの窯業用炉設備、熱分解炉などの廃棄物焼却炉設備並びに化学反応炉などの高温熱風発生設備などの理論空気比未満で燃焼を行う工業炉並びにその無酸化還元燃焼方法の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、鉄鋼、非鉄金属、セラミックス等の各分野では、材料の熱処理行程において、酸化や発生スケールの減少化や材料品質向上や改質のために、空気比0.5～0.95（各対象炉によって運転空気比は異なる）の無酸化還元燃焼が行われる。例えば、従来の無酸化燃焼炉の代表的な例として図10に示されるセラミック焼成炉102の場合は、複数の還元型バーナ（理論空気比以下の燃焼が可能）101が設置され、ワーク103がこの無酸化雰囲気の中で加熱され（例えば常温→1,250℃）、抽出されて次の加工工程に搬送されるように設けられている。燃焼ガス中のすす発生はバーナ101の工夫された混合機構により極力抑制されるがCOの発生は当然避けることは出来ない。そこで、通常、COは、炉の出口近傍に設置されたアフターバーナ104にて燃焼されたあと、排ガスを

1ヶ所のレキュペレータ105を通過させ、ここで燃焼用空気と熱交換され、通常300～400℃にして煙突108から排出される。レキュペレータ105をもたない設備も数多く存在する。尚、図中の符号106は送風機、107は排風機である。

#### 【0003】

このような無酸化還元燃焼は、もっぱらガスを主とする燃料が用いられるが、通常のバーナでは低空気比燃焼および理論空気比以下の燃焼の場合には燃焼ガス中にCOの他、多量のすすが発生し易く、燃焼を安定に維持することが困難となる。

#### 【0004】

そこで、低過剰空気比および無酸化雰囲気用バーナーでは、フリーO<sub>2</sub>（残存O<sub>2</sub>）の発生を抑制するために燃料と空気の初期混合を促進させたり、安定性を増すために一部空気を燃料に予混合するような特別な工夫が成されている。例えば、図11に示すバーナ101のように、エアインテーク114から導入した燃焼用空気をバーナタイル110の入口部分の燃料噴射ノズル113の周りに環状配置した何十という小さな孔の空気ノズル111から強い旋回をかけて噴射させるミキシング構造を備え、バーナタイル110の空間112で燃料ガスと燃焼用空気との初期混合が急速に行わせるように設けられている。このミキシング構造を有するバーナ101の場合、空気比0.6位まで発煙しない。尚、図中の符号115はパイロットバーナである。

#### 【0005】

一方、省エネルギーや低NO<sub>x</sub>性、均一温度分布特性に優れた蓄熱バーナ技術をこれら空気比0.5～0.95の無酸化還元雰囲気燃焼に適用しようという試みも為されているが、現在未だ実用化に至っていない段階である。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図11のミキシング機構を有する従来の無酸化バーナ101では、省エネルギーにならないばかりか、それ以上のすすの発生を抑えることもできない。即ち、発煙が無いと言っても、バツカラッカスモーク指数で3程度であ

り、発煙としては認められないという程度である。また、図 11 のような無酸化バーナ 101 は混合性を確保するためには複雑なミキシング機構とバーナタイル 110 とを必要とすることから、大きさに限界があり、スケールアップ（燃焼量の増大）が必要な場合にはバーナ数を増やさざるを得ず、何台ものバーナを集合させようとしても収まりきらない問題がある。

【0007】

他方、蓄熱バーナは、燃焼用空気を 1,000℃ またはこれ以上に予熱するため  $\text{NO}_x$  が増加し易い。このため燃料と空気の噴出ノズルを一定距離以上に離し、燃料を空気室に平行に噴出させて初期混合を遅らせると同時に高速の空気噴流を用いて炉内のガス循環効果を最大限に生かすことによって、高温空気を排ガスで希釈し、低酸素状態で燃焼反応を行わせて火炎中に局所的な高温領域を形成させないことで  $\text{NO}_x$  を下げるようにしている。

【0008】

しかも、蓄熱バーナの場合、通常の無酸化バーナに比べて予熱空気温度が高く（700～1,000℃）、一般の hidrocarbon 系燃料のすす生成温度領域に近いことから、通常バーナよりすすの発生を促進する傾向がある。

【0009】

このため、理論空気比未満での無酸化還元燃焼では初期混合が極めて遅れた緩慢な燃焼となるためどうしてもすすの発生を伴う。本発明者の実験によれば、バツカラッカスモーク指数で 8～9 であり、 $\text{NO}_x$  の発生も多かった。

【0010】

そして、このすすの発生は、蓄熱体の閉塞を招き、蓄熱体の性能低下、圧損の増大、メンテナンスの頻度増大が懸念される。

【0011】

また、短い周期で高温ガス（1,000℃ 以上）がバーナ内に逆流するため（空気通路が排ガス通路にもなる）、熱的及び圧力損失の制限から、図 11 に示す無酸化バーナのような燃料と空気の複雑な初期混合機構をもつことが困難であるし、また金属の使用も制限される。このため、未だ実用化に至っていないのが現状である。

## 【0012】

本発明は、すすの発生が少なく、残存酸素の極小化が可能な無酸化還元燃焼炉及びその燃焼方法を提供することを目的とする。また、本発明は、省エネルギーや低 $\text{NO}_x$ 性、均一温度分布特性に優れた蓄熱バーナ技術を理論空気比未満特に空気比 $m$ が $0.5 < m < 1.0$ の無酸化還元雰囲気燃焼に適用可能とする無酸化還元燃焼炉及びその燃焼方法を提供することを目的とする。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するため、請求項1記載の無酸化還元燃焼方法は、理論空気比未満（例えば $0.5 < m < 1.0$ ）の燃焼で炉内に無酸化雰囲気あるいは還元雰囲気を形成する工業炉において、蓄熱体を備えこの蓄熱体に対する排ガス及び燃焼用空気の流れを相対的に切り替えることによって該蓄熱体を通して燃焼用空気の供給と排ガスの排出とを交互に行い排ガスの温度に近い高温の燃焼用空気を供給して燃焼させるバーナ装置を備え、理論空気比未満の燃焼用空気を定格運転時において通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で噴射させると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、空気噴流の出口からある距離を隔てた位置で燃焼用空気と燃料を高速で衝突させて急速に混合させるようにしている。ここで、定格運転時とは、例えば炉内温度が $800^\circ\text{C}$ 以上に達した状態における燃焼時などの、設計前提条件を満たしている運転を意味する。

## 【0014】

蓄熱体を介して炉内へ高速で噴出される燃焼用空気は排気ガス温度に近い高温に予熱されるため混合気の自己着火温度以上となっている。したがって、炉内へ噴出された燃焼用空気と燃料とは噴射直後に急速に混合されると同時に酸化発熱反応を開始する。しかも、高速の燃焼用空気の流れによって燃焼室内での燃焼ガスの挙動・循環が活発になり、燃焼室内温度分布が平坦化されて局所的高温域のない平坦な温度分布の燃焼場が形成される。即ち、燃料と空気の初期混合の促進が図られると共に炉内排ガスの循環効果が促進される。この初期混合の促進と排ガス循環効果により未燃のすす発生と $\text{NO}_x$ の発生を抑制することができる。

## 【0015】



また、請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の無酸化還元燃焼方法において、燃焼用空気を、扁平な矩形状の開口形状であるエアスロートから噴射されるようにしている。この場合、空気噴流表面積が増加し、排ガス循環による希釈効果をより高めて、すす発生を極小化することが可能となる。特に、燃料との接触面積が広がり、初期混合がより急速なものとなる。

## 【0016】

また、請求項 3 記載の発明は、理論空気比未満での燃焼で炉内に無酸化雰囲気あるいは還元雰囲気を形成する工業炉において、蓄熱体を備えこの蓄熱体に対する排ガス及び燃焼用空気の流れを相対的に切り替えることによって該蓄熱体を通して燃焼用空気の供給と排ガスの排出とを交互に行い排ガスの温度に近い高温の燃焼用空気を供給して燃焼させるバーナ装置を備え、理論空気比未満の燃焼用空気を定格運転時に通常運転時の流速またはこれよりも高流速で炉内へ向けて噴射させるエアスロートと、エアスロートの出口からある距離を隔てた位置で空気噴流と衝突させるべく燃料を噴射する燃料ノズルとを有するようにしている。この場合、空気と燃料とが炉内へ噴射された直後に衝突して急速に混合される。この良好な初期混合はフリー  $O_2$  の極小化およびすすの極小化に繋がる。

## 【0017】

また、請求項 4 記載の発明は、請求項 3 記載の無酸化還元燃焼炉において、スロートの相当直径  $d_e$  と燃料ノズルの間隔  $D_{pcd}$  との比  $d_e / D_{pcd}$  が 0.1 ~ 0.5 の範囲に設定されており、かつ燃料噴流軸と矩形エアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロートの出口面までの距離  $L_a$  に対するエアスロートの相当直径  $d_e$  の比  $L_a / d_e$  が 1.0 ~ 5.0 の範囲で設定されている。この場合、空気噴流の出口からある距離を隔てた位置で燃料と空気とを衝突させる燃料ノズル位置が設定できる。

## 【0018】

また、請求項 5 記載の発明は、請求項 3 記載の無酸化還元燃焼炉において、バーナ本体の給排用スロートに蓄熱メディアを内蔵すると共に、該バーナ本体に燃焼用空気と排ガスとを切り替える流路切替手段を直結し、バーナ本体の直近で燃焼用空気と排ガスとの切替えを行うようにしている。この場合、バーナ切替時の

給気・排気の送気遅れ時間を最少化し、CO濃度を安定化させると同時に切換時のフリーO<sub>2</sub>を極小化する。即ち、蓄熱器と切替器との間のダクト分のバージ容積が不要となる分だけそこに残留する排ガス量も少なくなり、切替時のバージ用空気の量が極微量となるため、切替時に酸素濃度が高くなることを防いで、このような事態を絶対に避けたい熱処理などにおいてフリーO<sub>2</sub>の悪影響を与えないようにすることができる。

#### 【0019】

また、請求項6記載の発明は、請求項3記載の無酸化還元燃焼炉において、セラミックハニカムを蓄熱メディアとして内蔵した蓄熱バーナを用いるようにしている。ここで、ハニカムのセル数は10～200セル/in<sup>2</sup>であることが好ましい。この場合、すすの発生に対して、閉塞や汚れによる性能低下が極めて起りにくい。また、高温空気燃焼の特性を生かしたバーナの構造によるすすの発生の極小化、火炎中の局所高温部形成を抑えることによるNO<sub>x</sub>値の抑制及びフリーO<sub>2</sub>（残存O<sub>2</sub>）の極小化を可能とする。

#### 【0020】

更に、請求項7記載の発明は、エアスロートと燃料ノズルとの組を環状に複数台、相互に接近させて設置し大型燃焼機を構成するようにしている。この場合、エアスロートと燃料ノズルを収容するスロートとを設けるだけで必要に応じて大型の燃焼機を構成できる。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の構成を図面に示す実施の形態の一例に基づいて詳細に説明する

#### 【0022】

図6に本発明の無酸化還元燃焼方法を実施する無酸化燃焼炉の一例を示す。この無酸化燃焼炉4は、その両側壁面に複数の蓄熱バーナ1が設置され、対を成すバーナ例えば対向するバーナ間で燃焼と排気を数十秒間のインターバルで交互に繰返すように燃焼が燃焼制御装置（図示省略）で制御されている。燃焼排ガスは休止中のバーナ内を通過し、バーナに内蔵されたハニカム状蓄熱メディア2に熱

を与えることにより冷却されてバーナ 1 に接続されている切換弁（三方弁） 3 を経由して、排風機 7 を通って煙室に至る。ここで、CO を含む燃焼排ガスは、煙突 9 の入口に設けられたアフターバーナ 8 によって再燃焼され、煙突より排出される。一方、蓄熱バーナ 1 では各々内蔵した蓄熱メディア 2 で排ガスから回収した熱によって燃焼空気を予熱する。そして、この高温予熱空気を使って無酸化還元燃焼あるいは低過剰空気比燃焼を行う。尚、図中の符号 5 はワーク、6 は送風機である。

#### 【0023】

各蓄熱バーナ 1 は、例えば図 1 及び図 2 に示すように、蓄熱メディア 2 と、第 2 の燃料ノズル 11 と、流路切替手段たるフラップ式三方弁（スイッチバルブ） 3 及びこれらを支持するバーナ本体 10 並びに必要なに応じて第 1 の燃料ノズル 12 とから構成され、耐火耐熱物から成るバーナ本体 10 に蓄熱メディア 2 と第 2 の燃料ノズル 11 及び第 1 の燃料ノズル 12 とを内蔵している。そして、バーナ本体 10 のエアスロート 13 に收容されている蓄熱メディア 2 との間に余分な隙間を開けないようにしてフラップ式三方弁 3 が直結され、バーナ本体 10 の直近で燃焼用空気と排ガスとの切替えを行うように設けられている。

#### 【0024】

ここで、フラップ式三方弁は、図 1 に示すように、バーナ本体 10 に直結されるポート 14 に対し斜交する 2 つの斜面に他の 2 つのポート 15, 16 を設けたハウジング 17 と、2 つの斜面の間のコーナー部分に配置される切替シャフト 18 と、該切替シャフト 18 に支持されて 2 つの斜面のポート 15, 16 の間で揺動し両ポート 15, 16 のいずれか一方を閉じるフラップ 19 と、切替シャフト 18 を所定角度内で揺動させるアクチュエータ（図示省略）とから構成されている。そして、斜面の一方のポート 15 には、燃焼用空気供給系統 20 が、他方のポート 16 には排気系統 21 がそれぞれ連結されている。このように構成されたフラップ式三方弁 3 は、フラップ 19 が揺動する範囲で占められる最小の空間 S から成り、給気と排気との切替時にパージする容積が極めて小さくなり、残留する排ガスを空気に入れ換えるための時間を短くして無駄な時間が切替時間に占める割合を小さくする。加えて、三方弁 3 と蓄熱メディア 2 とは近接して設けられ

ており、排ガスから燃焼用空気への切替時に三方弁 3 から蓄熱メディア 2 にかけて残存する排ガスの量が極微量であり、バーナ本体 10 と三方弁 3 とを繋ぐべきダクト分のパージ容積が不要となる分だけパージ容積が小さくなる。残留する排ガスを空気と入れ替える時間を短くできるので高速切替を可能とする。このため一方の蓄熱バーナを消火するのとほぼ同時に他方の蓄熱バーナを着火することができ、フリー  $O_2$  を少なくすることができる。

#### 【0025】

また、第 2 の燃料ノズル 11 は、詳細に図示していないが、必要に応じてパイロットバーナ等を備え、燃料ガンだけを単独に取り外すことができるように構成されている。この燃料ガンの後端には図示していないが燃料遮断用電磁弁などを含む燃料ガンアセンブリが備えられる。

#### 【0026】

この第 2 の燃料ノズル 11 は、エアスロート 13 の出口 13a からある距離を隔てた位置、具体的には近い所で空気噴流と衝突させるべく燃料を噴射するように設けられている。例えば本実施形態の場合、図 3 に示すように、定格運転時に主に燃料を噴射するノズル即ち第 2 の燃料ノズル 11 は、エアスロート 13 の相当直径（面積を円に換算したときの直径） $d_e$  とエアスロート 13 の中心から燃料ノズルの中心までの間隔  $1/2 D_{pcd}$  との比  $d_e / D_{pcd}$  が  $0.10 \sim 0.50$  の範囲で、かつ燃料噴流軸と矩形エアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロート 13 の出口面までの距離  $L_a$  に対するエアスロートの相当直径  $d_e$  の比が  $1.0 \sim 5.0$  の範囲で設定される。尚、図中の符号  $\alpha$  は第 2 の燃料ノズルから噴射される燃料の衝突噴射角度である。

#### 【0027】

また、バーナ本体 10 は、先端開口 13a が蓄熱メディア 2 を収容する部分よりも絞られて扁平な矩形状に形成されたエアスロート 13 を有している。そして、このエアスロート 13 からは、定格運転（炉内温度  $800^\circ\text{C}$  以上）時に通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で理論空気比未満（例えば空気比  $m$  が  $0.5 < m < 1.0$ ）の燃焼用空気が炉内へ向けて噴射される。燃焼用空気はエアスロート 13 の開口形状に倣って扁平な矩形状に整形されてから炉内へ噴射される。

このため、燃料噴流に対して広い面積で衝突することとなる。同時に、このスロート形状によれば、バーナ本体 10 を構成する耐火耐熱物によって蓄熱メディア 2 が覆われることから、炉内からの輻射熱に対して蓄熱メディア 2 を保護することができる。尚、エアスロート 13 の開口形状は、図示の扁平な矩形状に特に限定されず、図 5 に示すような楕円形や、図 4 に示すような円形あるいは図示していないその他の形状例えば正方形や三角形若しくはその他の多角形などの形状が必要に応じて適宜採用される。

#### 【0028】

この所定の空気流速は、送風機 6、排風機 7 並びにエアスロート 13 の大きさ等を適切に設計することによって得られる。このエアスロート 13 の先端の開口 13 a の大きさを変えることで、燃焼用空気の噴射速度（運動量）を自由にコントロールすることができ、火炎の形状及び性状を変えることができる。

#### 【0029】

尚、本実施形態の場合、蓄熱メディア 2 を装填したエアスロート 13 に対し 2 本の第 2 の燃料ノズル 11 を対象に配置して 1 ユニットのバーナを構成しているがこれに特に限定されず、1 本のエアスロート 13 に対し 1 本の燃料ノズル 11 を、あるいは 1 本のエアスロート 13 に対し 3 本以上の燃料ノズル 11 を配置して 1 ユニットのバーナを構成するようにしても良い。例えば、バーナが大型でエアスロート 13 が細長い矩形の場合には、燃料を空気噴流に均等に衝突させるため、図 2 に示すようにエアスロート 13 を挟んで 2 本の第 2 の燃料ノズル 11 を対象に配置して空気噴流を挟むように燃料を噴射するようにしているが、更には片側に 2 本ずつ配置して計 4 本配置することもある。

#### 【0030】

また、蓄熱メディア 2 は、その材質、構造については特に限定を受けるものではないが、比較的圧力損失が低い割に熱容量が大きく耐久性の高い材料、例えばセラミックスで成形されたハニカム形状のセル孔を多数有する筒体の使用が好ましい。この場合、蓄熱容量の割に圧損が低いため、送風機 6 及び排風機 7 の能力を特別に上げずとも給気と排気とが実施可能である。例えば 100mmAq 以下の低圧損で実現できる。また、蓄熱メディア 2 としては、例えば、排ガスのように

1000℃前後の高温流体と燃焼用空気のように20℃前後の低温流体との熱交換には、コージライトやムライト、アルミナ等のセラミックスを材料として押し出し成形によって製造されるハニカム形状のものの使用が好ましい。また、ハニカム形状の蓄熱メディア2は、その他のセラミックスやセラミックス以外の素材例えば耐熱鋼等の金属あるいはセラミックスと金属の複合体例えばポーラスな骨格を有するセラミックスの気孔中に溶融した金属を自発浸透させ、その金属の一部を酸化あるいは窒化させてセラミックス化し、気孔を完全に埋め尽くした $Al_2O_3-Al$ 複合体、 $SiC-Al_2O_3-Al$ 複合体などを用いて製作しても良い。尚、ハニカム形状とは、本来六角形のセル（穴）を意味しているが、本明細書では本来の六角形のみならず四角形や三角形のセルを無数にあけたものを含む。また、一体成形せずに管などを束ねることによってハニカム形状の蓄熱メディアを得るようにしても良い。尚、ハニカム形状とは、本来六角形のセル（穴）を意味しているが、本明細書では本来の六角形のみならず四角形や三角形のセルを無数にあけたものを含む。また、一体成形せずに管などを束ねることによってハニカム形状の蓄熱メディアを得るようにしても良い。

#### 【0031】

また、蓄熱メディア2の形状も特に図示のハニカム形状に限定されず、図示していないが筒状のメディアケースに平板形状や波板形状の蓄熱材料を放射状にあるいは環状に配置したり、パイプ形状の蓄熱材料を軸方向に流体が通過するように充填したり、ボール状やナゲット状の蓄熱体を充填したり、更にはパンチングメタルのような多孔・耐熱鋼板等を単独であるいは積層するように収納したものであっても良い。

#### 【0032】

尚、本実施形態の蓄熱バーナ1に用いられる蓄熱メディアは、ハニカム状のセラミック（セル数10～200セル/ $in^2$ ）であり、この小ブロック（50mm□～200mm□×50mmh）が通常4～10段垂直に重ねられて用いられる。ハニカム状の通路の中を排ガスと空気が短時間例えば約30秒毎に交互に逆方向に流れる。このようにハニカム内の流れに、局所的な乱流域や低流速がない往復動のため、一旦すすが発生したとしてもすすが付着したり堆積することは少

ない。このため長期使用においても蓄熱体の清掃や交換の必要はなく、メンテナンスが不要であることも特長である。

#### 【0033】

以上のように構成された無酸化燃焼炉によれば、次のようにして操業される。

#### 【0034】

まず、炉内温度が常温から決められた温度（高温燃焼が実施可能な温度で、例えば800℃程度以上）に昇温するまでは、立ち上げ用の第1の燃料ノズル12及び必要あれば定格運転用の第2の燃料ノズル11から燃料を噴射してバーナを運転する。所定温度へ昇温した後は、定格運転用の第2の燃料ノズル11からだけの燃料噴射に切り替えて第1の燃料ノズル12からの燃料噴射を停止する。勿論、場合によっては第1及び第2の双方の燃料ノズル11, 12から燃料を噴射することもある。そして、フラップ式三方弁を動作させて交互燃焼運転を行う。

#### 【0035】

交互燃焼は、隣接する2セットのバーナでペア（AバーナおよびBバーナ）を組み、一方のバーナが燃焼モードの時、他方のバーナは排気モード（炉内の燃焼ガスを吸引し炉外へ排出する）となる。排気はバーナ本体10のエアスロート13から蓄熱メディア2を経て、排ガスの顕熱を蓄熱メディア2で回収して低温にしてから行われる。そして燃焼時に、蓄熱メディア2に燃焼空気を通すことで、炉内燃焼ガス温度に近い予熱空気が得られる。第2の燃料ノズル11は燃焼空気の供給とほぼ同一タイミングで燃料を供給する。通常、定格運転時に炉内へ直接燃料を噴射する第2の燃料ノズル11にはパイロットバーナが組み込まれず一次空気を使用しないが、第1の燃料ノズル12などで冷却のため空気を流す場合にはこの冷却用空気を含めて全体に理論空気比未満の空気比となるように供給空気量と燃料量とが調整されている。また、フラップ式三方弁3と同期して一对のバーナの各ガス電磁弁は開閉する。

#### 【0036】

このとき、第2の燃料ノズル11から高速度で噴射される燃料と、エアスロート13から高速度で噴射される燃焼用空気とは、それらの間の相似則を保ちながらエアスロート13の出口13aからある距離 $L_a$ を隔てた位置で衝突し、急速

に初期混合を起こして理論空気比未満での無酸化還元燃焼を起こす。ここで、通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速でかつ高温の燃焼用空気噴流と燃料噴流とが炉内への噴射直後に激しく衝突して急速に混合され、拡散燃焼すると共に周囲の燃焼ガスを随時取り込んで還元させ低 $\text{NO}_x$ 化すると共に炉内のガス流動を激しくして局所高温域のない平坦な温度分布を形成する。

## 【0037】

そして、一对の蓄熱バーナ1の切替は、所定の切替時間経過後例えば約30秒後に燃焼モードと排気モードの役割を入れ替える。燃焼するバーナの切替は、ペア毎にタイミングをずらし、順次行うことにより、炉内圧力の変動を最小限にすることが好ましい。いずれの場合にも、Aバーナ燃焼とBバーナ燃焼の間には休止時間と呼べるほどのものは設けられておらず、切替運転用燃料弁はAバーナの閉止とほぼ同時にBバーナが開放される。即ち、バーナ本体10とフラップ式三方弁3とが直結された本実施形態の場合、切替時間にはパージ時間が極めて短時間（例えば消して着けるまでが0.3秒以内のパージ時間）しか採られず、消すと同時に対となる相手側のバーナが着火するように設けられている。これによって、炉圧変動をほぼ1/4程度に小さく抑えることができると共に、フリー $\text{O}_2$ を極小化できる。

## 【0038】

ここで、三方弁3の切替は、予め決められた切替時間に基づいて行っても良いが、熱電対で測定される排ガス温度によって切替られることもある。排気温度は例えば200℃から300℃の間で管理されることが好ましい。

## 【0039】

尚、交互燃焼は上述したように固定的にペアを組んで行う場合に限られず、順次ペアを組む相手バーナを変更するようにしても良い。例えば、図示していないが、図1のバーナを単位ユニットとして3ユニット以上で燃焼システムを構成し、燃焼させるバーナの台数と停止させるバーナの台数の比率を可変とし、ユニットが固定的な対を組まないで順次全ユニットが交互燃焼を繰り返すようにしても良い。この場合、全てのユニットのバーナが時間をずらして尚かつ切替の際のパージ時間をできるだけなくして燃焼するため、広い範囲で非定在火炎を形成しな



がら交互燃焼を成立させることができる。したがって、図1に示す実施形態の交互燃焼バーナシステムよりも火炎の非定在化が進み、炉内温度分布がより均一化される。また、燃焼量を落としても燃焼バーナの数の増減によって給排スロートから噴出される燃焼用空気の流れを高速に維持でき、初期混合を良好な状態に維持すると共に炉内ガスの流動を活発に保持して、すす、フリー $\text{O}_2$ 、 $\text{NO}_x$ の抑制を図りつつ局所的な高温域の発生を抑制した平坦な炉内温度分布を形成可能とする。ここで、燃焼バーナと排気バーナの数が異なっても、供給空気量と排気量との関係は変わらない。即ち、燃焼バーナと排気バーナとの台数比率が1:1であっても1:2であっても、1行程内でみれば、空気の流れる量も排気量も変わらない。ただし、燃焼バーナの比率が減ればその分だけ空気時間の比率が減ることとなり、蓄熱体の中を流れる流体速度は空気のときは速く、排気のときは遅くなり、冷却の伝熱の方が良好となるため、蓄熱体の効率は良くなる傾向となる。即ち、加熱空気の温度が上がり、排気温度が下がる傾向となる。

#### 【0040】

図7～図9に他の実施形態を示す。この実施形態は、例えば、本構成条件を大型装置に適用した代表的な例（高温熱風発生設備）を示すものである。この炉には、エアスロート13と定格運転時に使用する第2の燃料ノズル11とが環状に交互に配置され、全体で1つの大型燃焼機が構成されている。本実施形態の場合、6箇所の矩形状（小判型）のエアスロート13と6本の第2の燃料ノズル11とが交互に環状に相互に接近させて設置されることによって1つの大型燃焼機を構成するようにしている。尚、図中の符号12は立ち上げ用のパイロットバーナ付き第1の燃料ノズル、31はウィンドボックス、32は炉内である。

#### 【0041】

この炉においても、第2の燃料ノズル11は、エアスロート13の相当直径 $d_e$ とエアスロート13を挟む2つの燃料ノズル間隔 $D_{pcd}$ との比 $d_e/D_{pcd}$ が0.1～0.5の範囲で、かつ燃料噴流軸と矩形エアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロート出口面までの距離 $L_a$ に対するエアスロートの相当直径 $d_e$ の比 $L_a/d_e$ が1.0～5.0の範囲で設定される。

そして、燃焼用空気はウィンドボックス31に導入され、各蓄熱メディア2を

経て各々のエアスロート 13 の出口 13 a から炉内へ通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速で噴区射され、周辺の第 2 の燃料ノズル 11 から噴射される燃料がエアスロート 13 の出口からある間隔を隔てた近い位置例えば上述の各範囲を満たす位置で高速に衝突させられ、急速に混合される。

## 【0042】

なお、上述の実施形態は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば、本実施形態では流路切替手段として主にフラップ式三方弁 3 について説明したが、これに特に限定されるものではなく、ボウル型や円筒型の三方弁の他、特願平 7-217448 号に開示されている三方弁、あるいは特願平 4-216473 号に開示された切換弁や四方弁などが使用可能である。本実施形態の場合、フラップ式三方弁が流路切換器として採用されているがこれに特に限定されるものではなく、蓄熱メディアに連通する部屋に突出して互いに対向する 2 つのポートの間でピストンが移動していずれか一方のポートと部屋とを選択的に連通させるピストン式三方弁などを用いても良い。

## 【0043】

また、燃料は、ガス燃料に限らず、オイル燃料あるいはオイル・ガス燃料を併用することも可能である。

## 【0044】

## 【発明の効果】

以上の説明より明らかなように、請求項 1 及び 3 記載の発明の無酸化還元燃焼方法及び炉によると、蓄熱メディアを介して混合気の自己着火温度以上の高温（排気ガス温度に近い高温）に予熱された燃焼用空気と燃料とを、空気噴流の出口の近い所で衝突させるようにしているので、燃料と空気の初期混合の促進が図られると共に炉内排ガスの循環による空気の希釈効果が促進される。この初期混合の促進と排ガス循環効果により、省エネルギー効果の高い蓄熱バーナを理論空気比以下の燃焼に適用しても、未燃のすす発生及びフリー  $O_2$  の発生を抑制すると共に  $NO_x$  の発生を抑えることができる。

## 【0045】

具体的には、図1及び図2に示す蓄熱バーナを用いて、例えば13A都市ガスを燃焼させた場合、空気比0.8（理論CO発生湿りガス濃度約3.6%）炉内温度1,000℃にて、すすの発生量は $0.06\text{ g/Nm}^3$ （バックラッカスモーク指数1）以下に抑えられた。同一条件で通常の蓄熱バーナを燃焼させた時のすすの発生量は $0.13\text{ g/Nm}^3$ （バックラッカスモーク指数9）以上となることから、約54%低減できた。

【0046】

また、本発明によると、従来適用不能であった蓄熱バーナを無酸化還元炉で実施可能となったので、炉出口の排ガス温度を排ガスの酸露点近い温度まで下げることができ、従来炉に比べ30%以上の省エネルギー化が可能となる。また高温空気燃焼によって発生NO<sub>x</sub>量の低減率も従来型に比べ50%以下にすることができ、炉内温度分布が非常に平坦化され、品質を向上させることに加え火炎長も10~30%の短炎化が可能となる。

【0047】

また、この無酸化還元燃焼炉によると、大型で、蓄熱バーナ方式に比べ排熱回収率の低いレキュペレータが不要となり、設備的にも簡素化される。全体の設備費としては従来型と同等か若干割高となるが、排熱回収率が高いため、ランニングコストを考慮すると蓄熱バーナ型式が明らかに有利となる。

【0048】

更に、本発明によると、空気と燃料を高速に混合しつつ、なおかつ火炎中に局所的な高温領域が形成されることのない燃焼が実現される。よって非常に高温熱風を耐火物許容最高限界近くで効果的に発生させることが出来る。

【0049】

また、請求項3記載の発明によると、空気噴流表面積が増加し、排ガス循環による空気希釈効果をより高めるので、すす発生を極小化することが可能となる。

【0050】

また、請求項4記載の発明によると、空気と燃料との混合不良を招かずに空気噴流の出口から近い距離で燃料と空気とを衝突させる燃料ノズル位置が設定できる。

## 【0051】

また、請求項5記載の発明によると、バーナ切替時の給気・排気の送気遅れ時間及びパージ量を最少化して切替時のフリー $O_2$ を極小化できる。したがって、切替時に酸素濃度が高くなることを防いでこのような事態を絶対に避けたい熱処理例えば鉄鋼用無酸化加熱炉などにおいてフリー $O_2$ の悪影響を少なくすることが可能となる。

## 【0052】

また、請求項6の発明によると、ハニカム状の蓄熱体内を空気と排ガスとが交互に流れるときに、局所的な乱流域や低流速がない往復動のため、すすが付着したり堆積することがない。このため長期使用においても蓄熱体の清掃や交換の必要はなく、メンテナンスが不要である。また、この発明によると、すすの発生に伴う蓄熱メディアの閉塞や汚れによる性能低下が極めて起り難い。したがって、高温空気燃焼の特性を生かしたバーナの構造によるすすの発生の極小化、火炎中の局所高温部形成を抑えることによる $NO_x$ 値の抑制及びフリー $O_2$ （残存 $O_2$ ）の極小化を可能とする。

## 【0053】

更に、請求項7記載の発明の場合、スケールアップの必要な炉においても容易にその要請に応えることができる。しかも、ガス燃料が用いられる低空気比燃焼の場合には $CO$ ならびに、多量のすすやフリー $O_2$ が発生し易く、安定燃焼維持が困難となるが、本燃焼器構成条件によれば安定燃焼しかつフリー $O_2$ の発生が効果的に抑制される。そのために、フリー $O_2$ のない高温熱風発生用低空気比燃焼方式として本燃焼器構成は最適である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の無酸化還元燃焼方法を実施する無酸化バーナの一実施形態を示す中央縦断面図である。

## 【図2】

図1のバーナの正面図である。

## 【図3】

図 1 のバーナの燃焼用空気噴流と燃料噴流との適切な衝突位置を示す説明図である。

【図 4】

エアスロートと燃料ノズルの他の実施形態を示す正面図である。

【図 5】

エアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す正面図である。

【図 6】

図 1 の蓄熱バーナを用いて本発明の無酸化還元燃焼方法を実施する無酸化燃焼炉の一実施形態を示す概略原理図である。

【図 7】

本発明の無酸化還元燃焼方法を実施する無酸化バーナの他の実施形態を示す中央縦断面図である。

【図 8】

図 6 のバーナのエアスロートと燃料ノズルとの配置関係を示す図で、(A) は正面図、(B) は断面図である。

【図 9】

図 6 のバーナの燃焼用空気噴流と燃料噴流との衝突関係を示す説明図である。

【図 10】

従来の無酸化燃焼方法を実施する無酸化燃焼炉の一例を示す外略原理図である。

【図 11】

従来の無酸化バーナを示す図で、(A) は縦断面図、(B) 燃料ノズルと空気ノズルとの配置関係を示す正面図である。

【符号の説明】

- 1 蓄熱バーナ
- 2 蓄熱メディア
- 3 フラップ式三方弁（流体切替手段）
- 4 炉
- 10 バーナ本体

11 第2の燃料ノズル（燃料ノズル）

13 エアスロート

13a エアスロートの出口

---

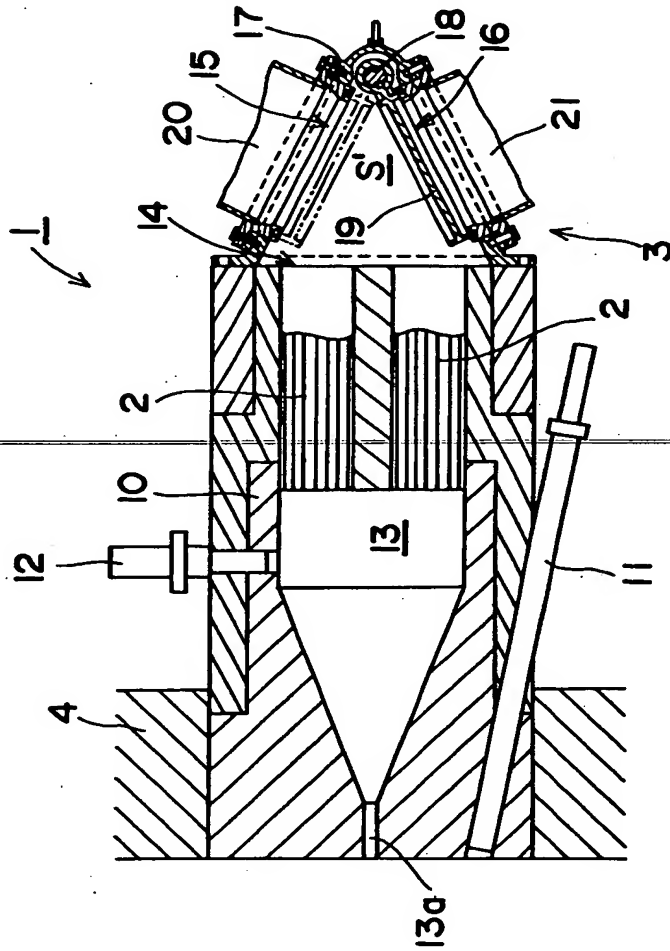
La エアスロート出口面から燃料噴流と空気噴流とが衝突する位置までの間隔

---

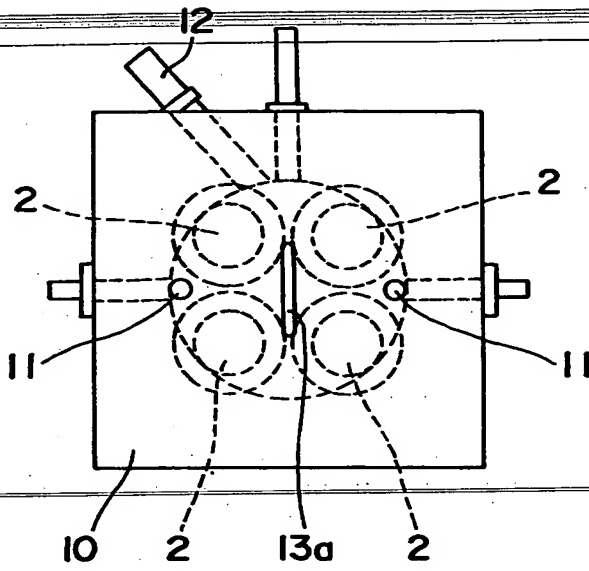
【書類名】

図面

【図 1】

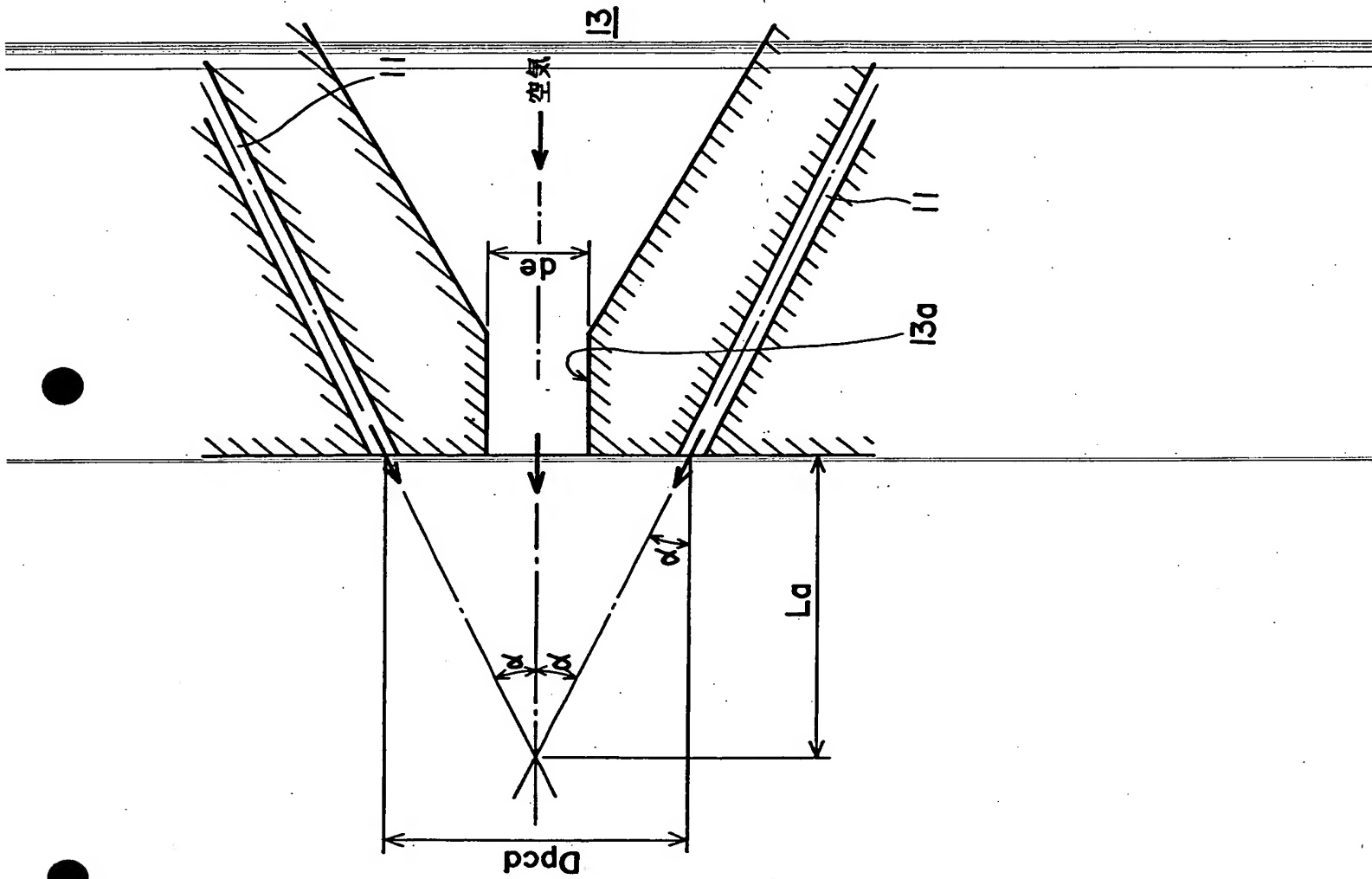


【図 2】

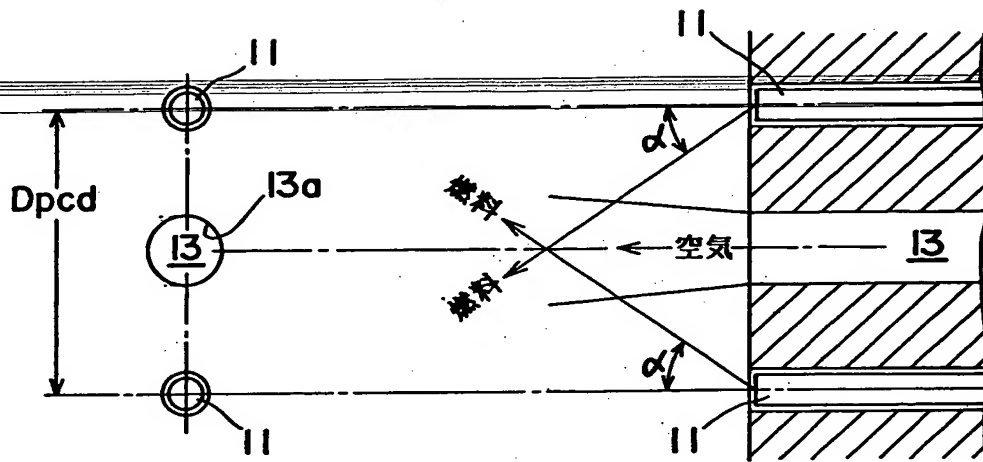




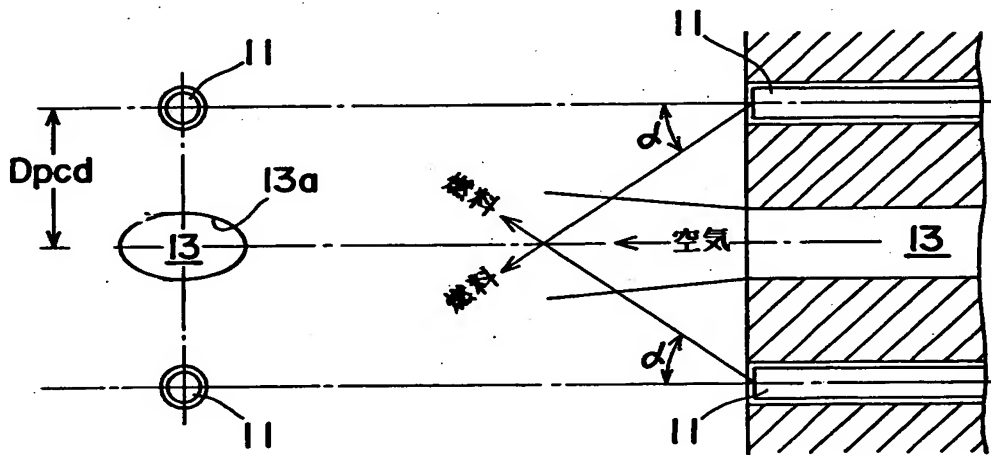
【図 3】



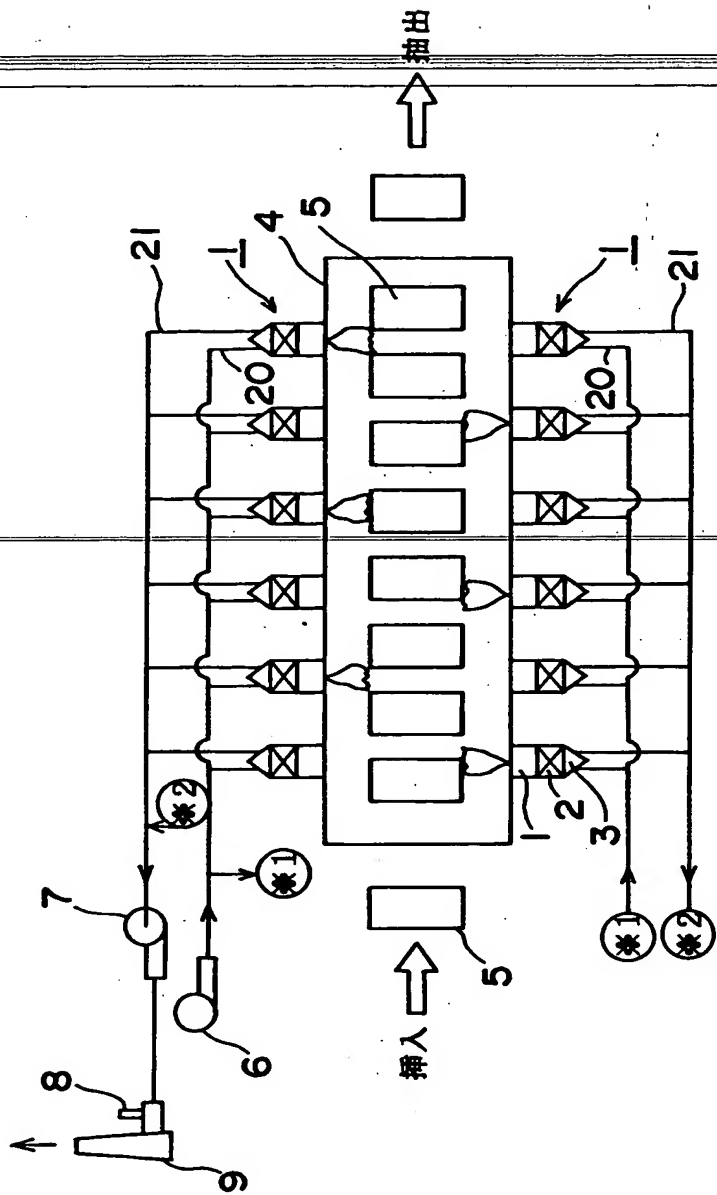
【図 4】



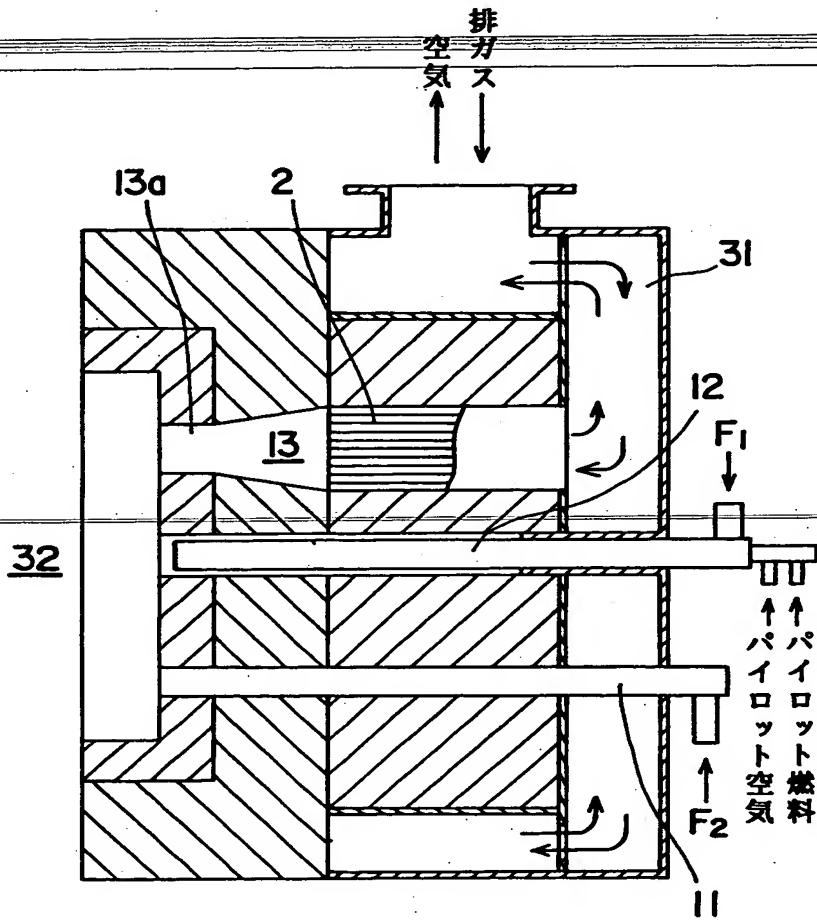
【図 5】



【図 6】

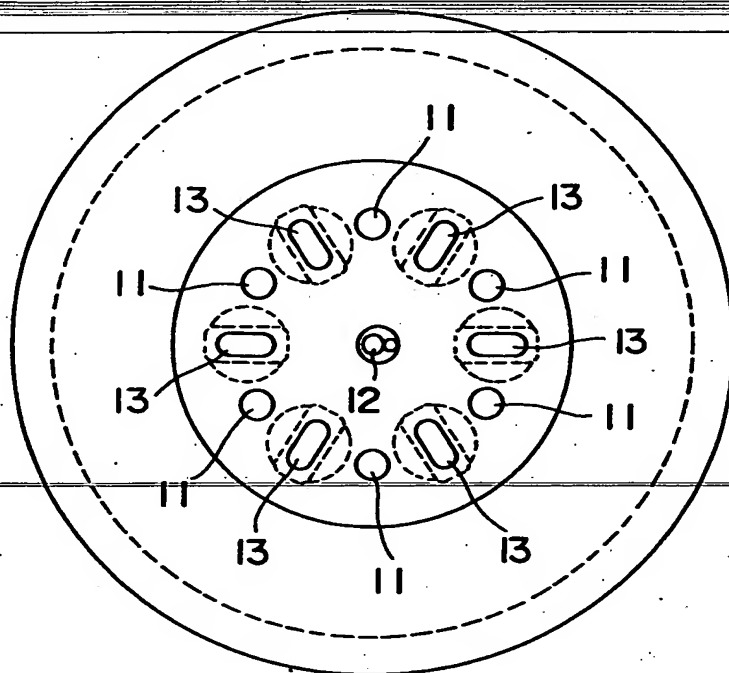


【図 7】

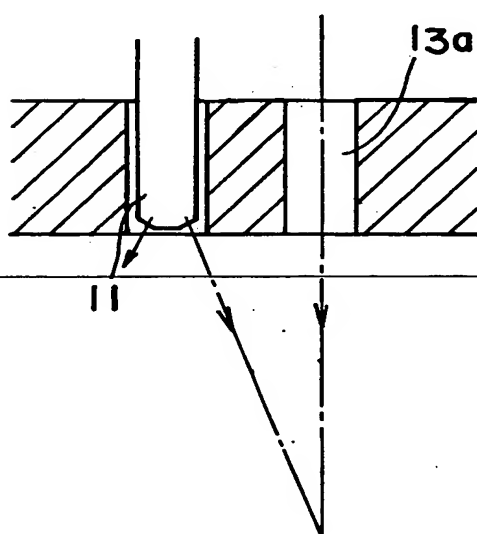


【図 8】

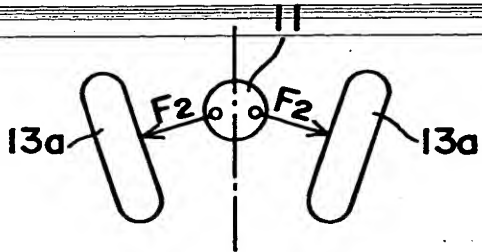
(A)



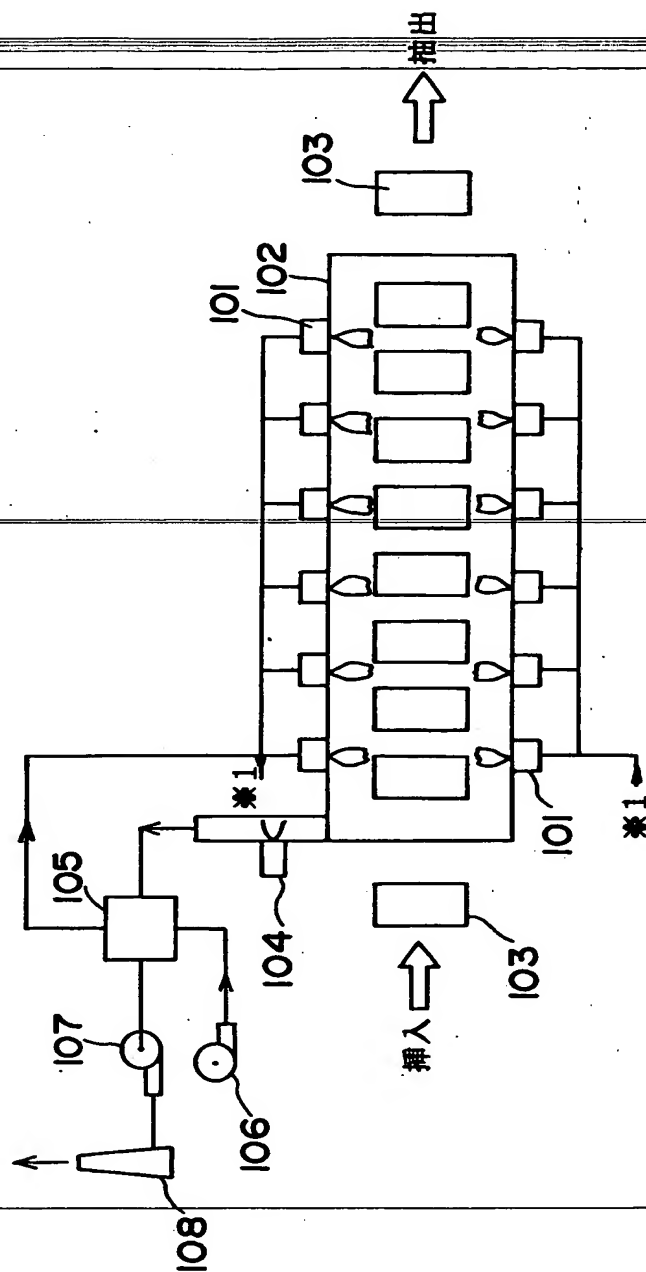
(B)



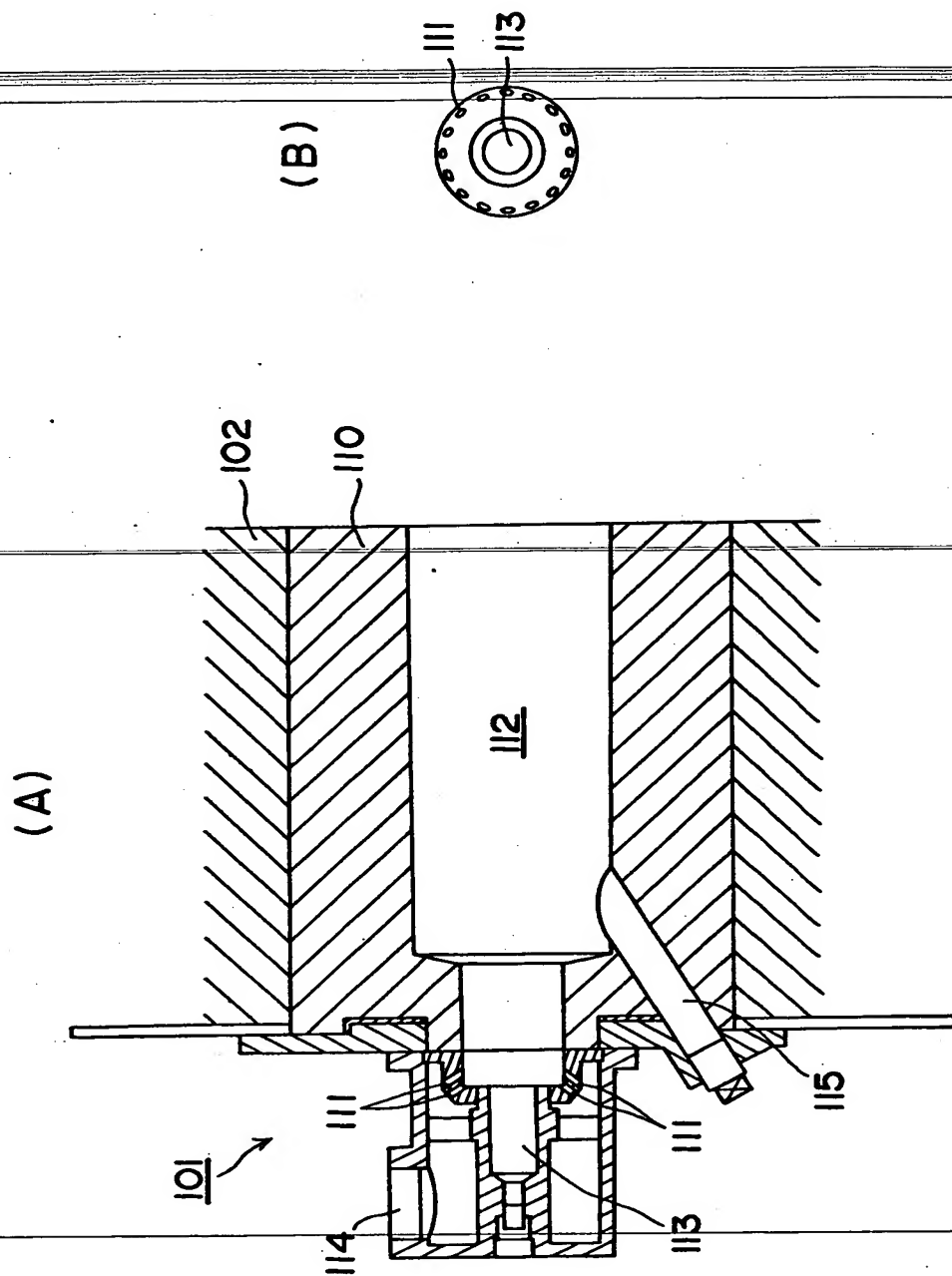
【図9】



【図10】



【図 11】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 すすの発生が少なく、残存酸素の極小化を可能とする。

【解決手段】 理論空気比未満の燃焼で炉内に無酸化雰囲気あるいは還元雰囲気を形成する工業炉において、蓄熱メディア2を備えこの蓄熱メディア2に対する排ガス及び燃焼用空気の流れを相対的に切り替えることによって該蓄熱メディア2を通して燃焼用空気の供給と排ガスの排出とを交互に行い排ガスの温度に近い高温の燃焼用空気を供給して燃焼させるバーナ装置1を備え、理論空気比未満の燃焼用空気を定格運転時に通常燃焼時の流速またはこれよりも高流速でエアスロート13から噴射させると共にこの空気噴流に向けて燃料ノズル11から燃料を噴射させ、空気噴流の出口即ちエアスロート出口13aからある距離Laを隔てた位置で燃焼用空気と燃料を高速で衝突させて急速に混合させるようにしている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

---

識別番号

[000229748]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号

氏 名 日本ファーンセス工業株式会社

---